



SEMINAR TESIS, 2 JULI 2015

# MODEL PEMANASAN CRUDE OIL DENGAN SUMBER GELOMBANG MIKRO PADA RESERVOIR

Ummu Kalsum  
1113201047

**PEMBIMBING :**

**Dra. MELANIA SUWENI MUNTINI, MT**

**Dr. YONO HADI PRAMONO, M.Eng**

# Contents

1

Pendahuluan

2

Tinjauan Pustaka

3

Metode Penelitian

4

Hasil dan Pembahasan

5

Kesimpulan

# Latar Belakang

**Minyak Bumi**

**Perlu Peningkatan efisiensi**

**Pemanasan minyak bumi**

1

Kehilangan panas dalam proses transmisi

2

Biaya untuk sumur produksi sangat besar karena masih menggunakan bahan bakar fosil

Metode Konvensional

**Steam Injection**

**Kelemahan**

Proses memanaskan *crude oil* dengan cara mengalirkan uap panas menggunakan bahan bakar fosil

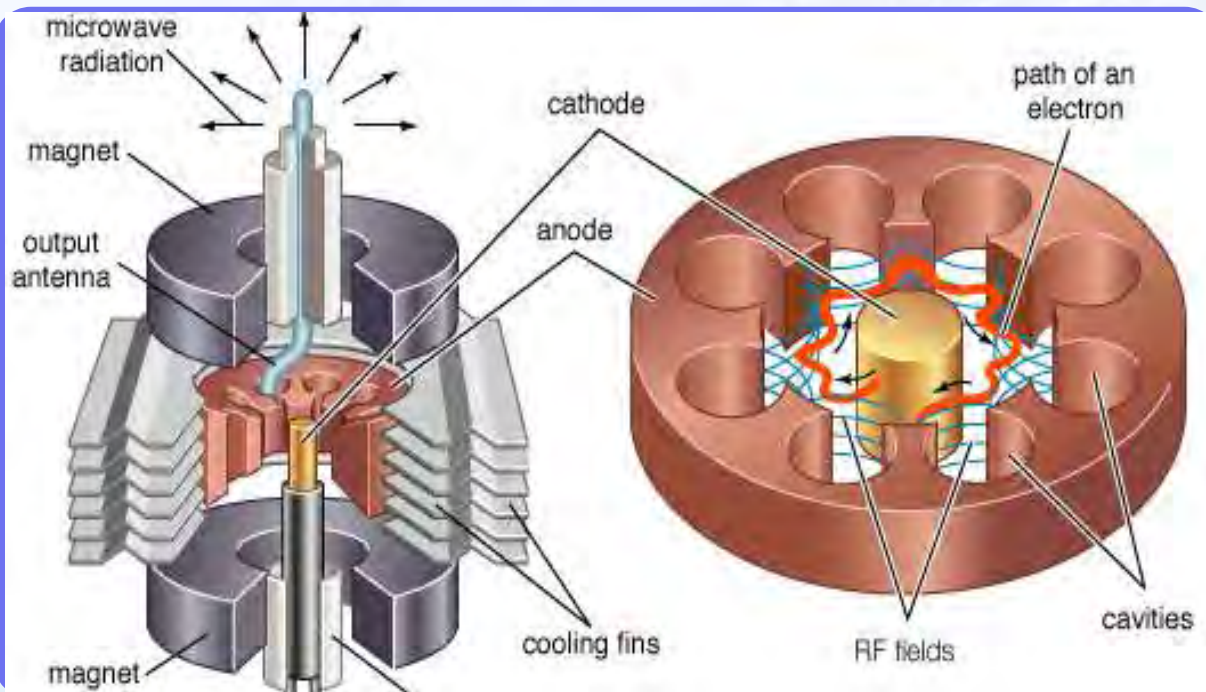


# Latar Belakang



# Latar Belakang

## Prinsip kerja Magnetron



Karena pengaruh medan magnet, gerakan elektron membelok membentuk lintasan helix. Gerakan osilasi dipercepat dan diperlambat ke arah ujung tabung menghasilkan gelombang mikro.

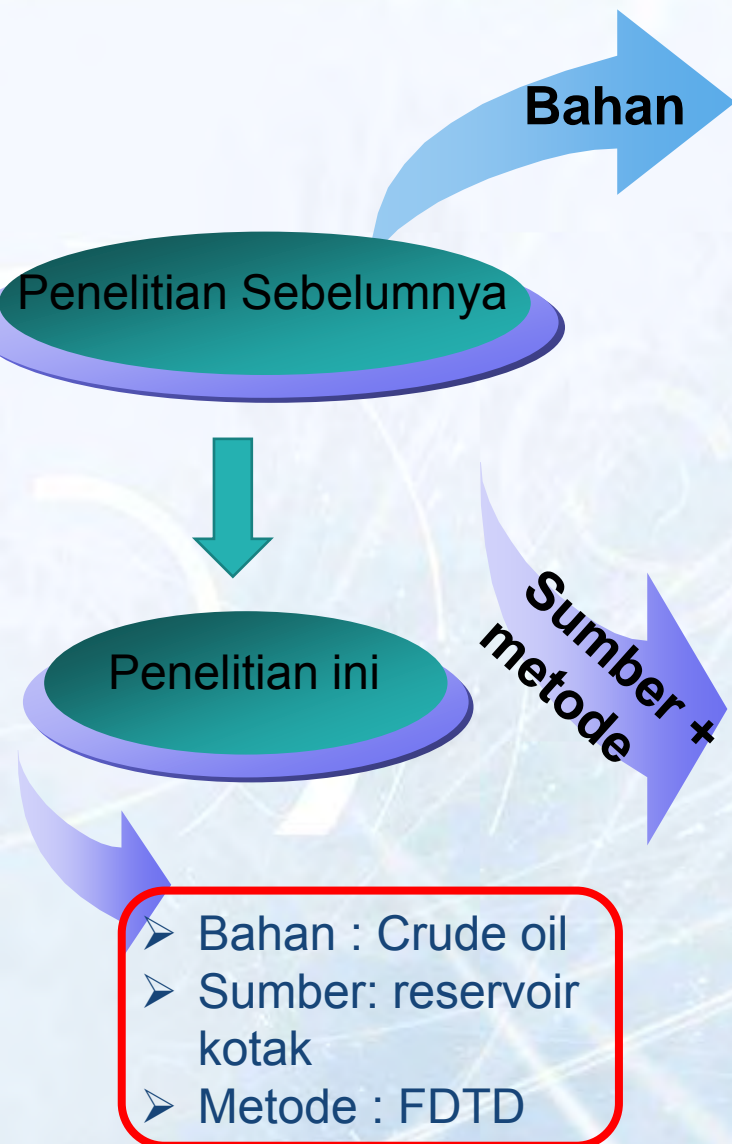
# Latar belakang

## Kelebihan Metode Gelombang Mikro

- Mengurangi kehilangan panas saat proses transmisi
- Peningkatan EOR (Enhanced Oil recovery)
- Transfer panas secara cepat
- Memiliki efisiensi yang tinggi
- Pemanasan selektif
- Bersifat volumetrik
- Bebas polusi terhadap lingkungan



# Latar Belakang



- Cherbański dan Rudniak(2013) ; Pemodelan pemanasan gelombang mikro pada **air**
- Salvi, dkk (2010) ; Pemodelan pemanasan gelombang mikro secara numerik untuk aliran kontinyu pada **air murni dan air garam**
- Ratanadecho, dkk (2002) ; Studi secara numerik dan eksperimen tentang pemanasan gelombang mikro pada **cairan air murni dan air garam**
- Hill dan Marchant (1996) ; Pemodelan pemanasan gelombang mikro **pada silika dan mika**
- Hill dan Jennings (1993) ; Pemodelan pemanasan gelombang mikro **pada kristal inorganik (KRS5), KRS6, Resinox 10231, Steatite 7292 dan mika**

- Santos,dkk(2011); model perambatan gelombang mikro pada **reservoir** dengan **bentuk silinder** dengan **metode moment**
- Abdurrahman dkk (2014) : model perambatan gelombang mikro pada **reservoir** dengan **bentuk kotak** dengan **metode COMSOL**



# Rumusan Masalah

1. Bagaimana model perpindahan panas secara komputasi pada pemanasan *crude oil* menggunakan gelombang mikro pada reservoir ?
2. Bagaimana model perambatan gelombang mikro secara komputasi pada pemanasan crude oil menggunakan gelombang mikro pada reservoir?





# Batasan Masalah

1. Diasumsikan reservoir berbentuk kotak
2. Pandu gelombang yang digunakan berbentuk rectangular dengan modus TM.
3. Metode FDTD yang digunakan adalah bentuk dua dimensi
4. Diasumsikan dinding reservoir merupakan pemantul yang sempurna

# Tujuan Penelitian

1. Membuat pemodelan perpindahan panas pada *crude oil* dengan sumber gelombang mikro pada reservoir secara komputasi.
2. Membuat pemodelan perambatan gelombang mikro pada *crude oil* pada reservoir secara komputasi.

# Manfaat Penelitian

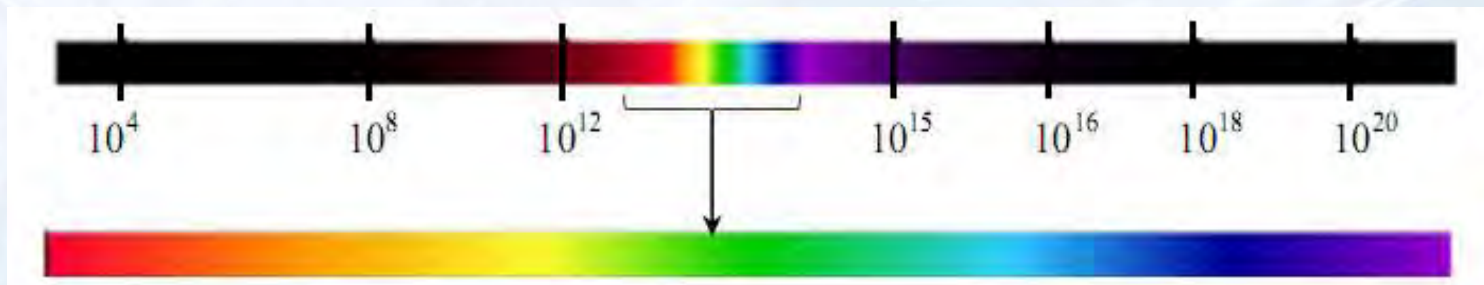
1. Memberikan pengetahuan tentang pemodelan perpindahan panas pada ***crude oil*** pada reservoir menggunakan gelombang mikro secara komputasi
2. Diharapkan dengan mengetahui model dan simulasi pemanasan ***crude oil*** dengan gelombang mikro maka dapat diaplikasikan pada skala industri pengeboran kilang minyak



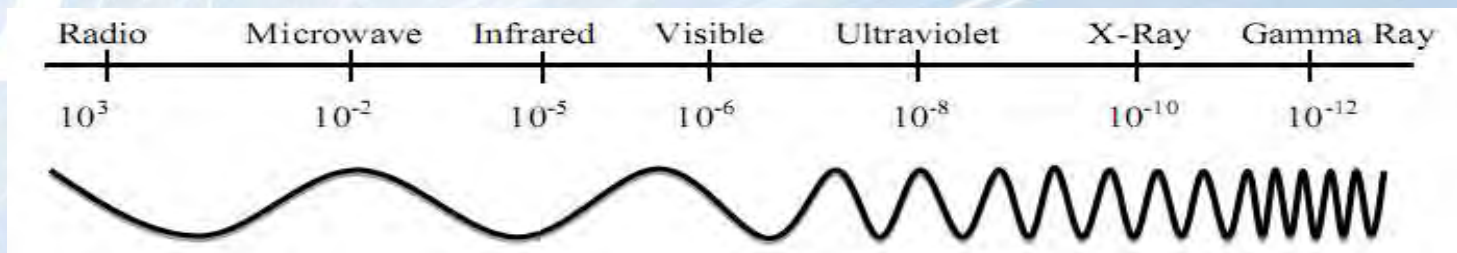
# Gelombang Mikro

Gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik dengan rentang frekuensi 1,2-40 GHz dan panjang gelombang sekitar 1 mm sampai 1 m.

Frekuensi (Hz) :



Panjang gelombang (m) :



# Gelombang Mikro

## Persamaan Maxwell

$$\begin{aligned}\nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho_v \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0\end{aligned}$$

E adalah kuat medan listrik (V/m), D adalah kerapatan fluks arus listrik (C/m<sup>2</sup>), J adalah kerapatan arus listrik (A/m<sup>2</sup>), H adalah kuat medan magnet (A/m), B adalah kerapatan fluks magnet (Wb/ m<sup>2</sup>),  $\varepsilon$  adalah permitivitas listrik,  $\rho_v$  adalah rapat muatan.

# Gelombang Mikro

## Energi gelombang Mikro

Energi gelombang mikro berasal dari interaksi molekul terhadap medan elektromagnetik yang dihantarkan secara langsung dalam bahan. Fluks energi dari propagasi gelombang dipresentasikan oleh vektor Pointing

$$S = \frac{1}{2} \text{Re}(E \times H)$$

Teorema Pointing sebagai dasar untuk memperoleh daya Input

$$P_{in} = \int S dA = \frac{A}{4Z_H} E_{in}^2$$



# Crude oil

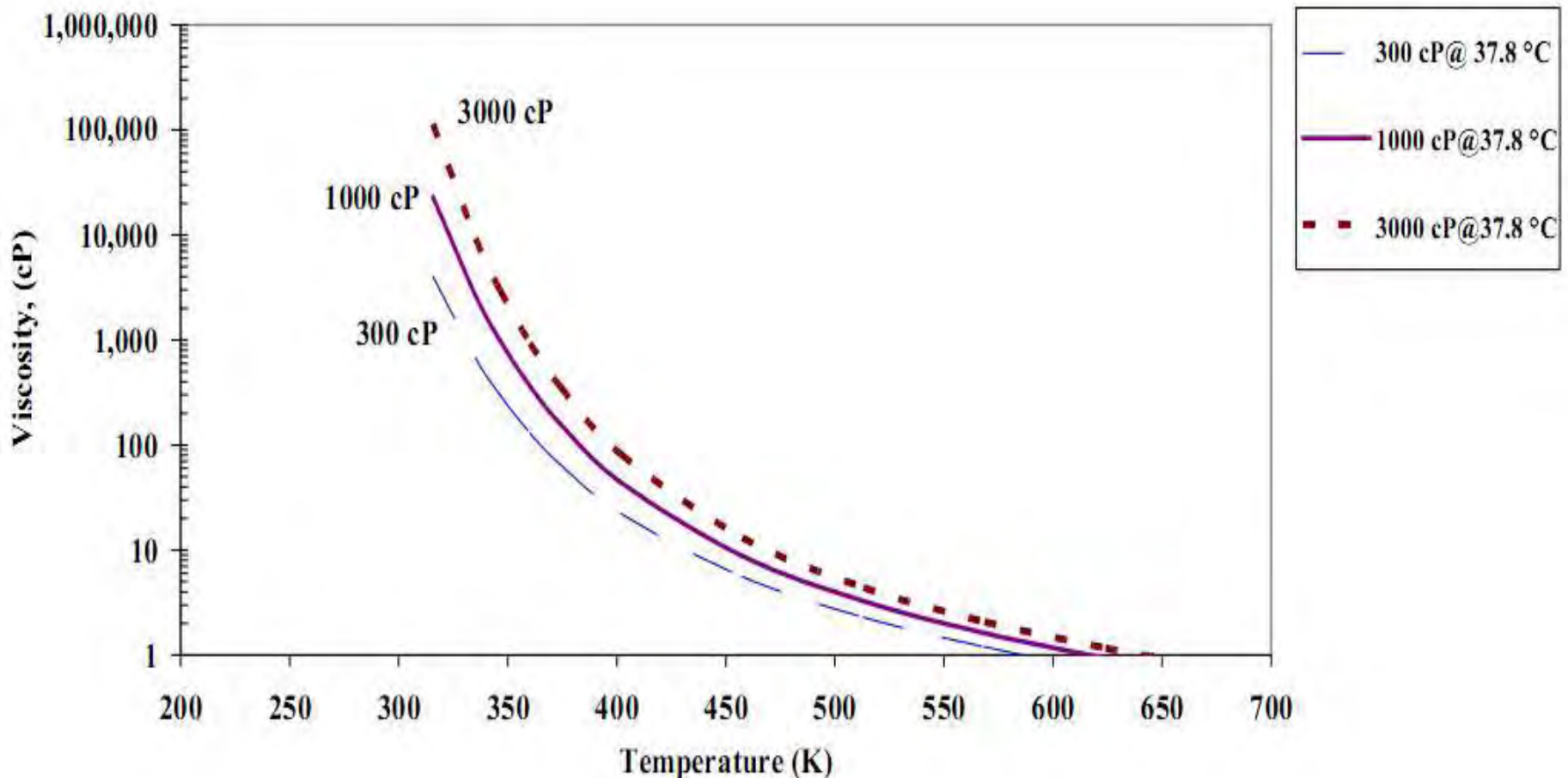
Crude oil adalah campuran berbagai hidrokarbon yang terdapat dalam bentuk fase cair dalam reservoir di bawah permukaan tanah dan tetap cair pada tekanan atmosfer setelah melalui fasilitas pemisah di atas permukaan.

## Komposisi minyak bumi terdiri atas :

- Karbon : 83.0 – 87 %
- Hidrogen : 10.0 – 14.0 %
- Nitrogen : 0.1 – 2.0 %
- Oksigen : 0.05 – 1.5 %
- Sulfur : 0.05 – 6.0 %
- Logam (Ni dan V) : < 1000 ppm

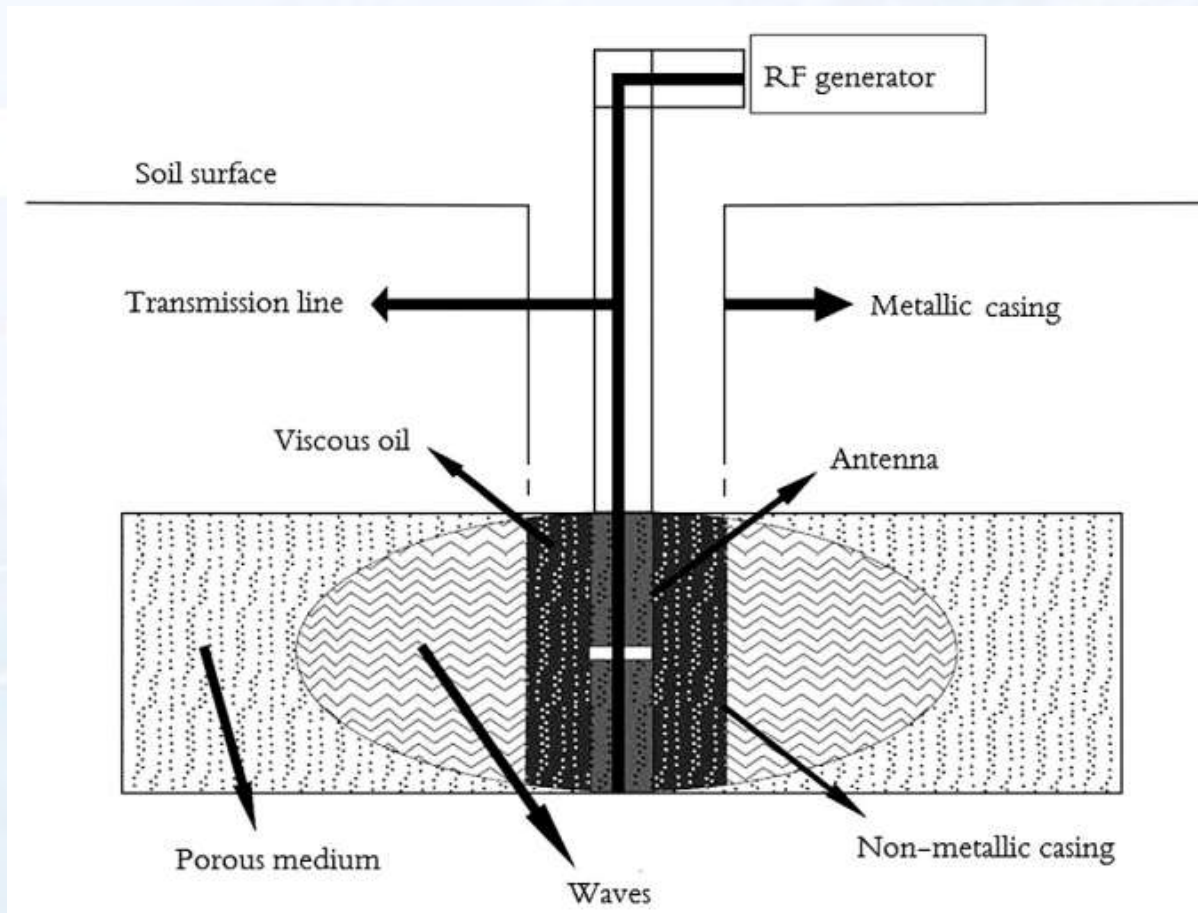
# Viskositas Crude oil

studi tentang pengaruh suhu terhadap viskositas minyak yang dilakukan oleh Barillas et. Al (2008)



# Aliran Panas Dalam Pemanasan Gelombang Mikro

Prinsip dasar Pemanasan crude oil :



Energi Gelombang Mikro

Momen Dipol

Gerak Osilasi

Frekuensi Gelombang Mikro

Gesekan Antar dipol

Kalor

Peningkatan Suhu



# Aliran Panas Dalam Pemanasan Gelombang Mikro

Persamaan aliran panas pada suatu fluida menyatakan distribusi suhu setiap satuan waktu sebagai akibat dari pemanasan dengan gelombang mikro

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \nabla T = \frac{k}{\rho C_p} \nabla^2 T + \frac{Q}{\rho C_p}$$

Besarnya kalor akibat paparan gelombang mikro :

$$Q = 2\pi f \varepsilon_0 \varepsilon' |E|^2$$

Besar kalor setelah merambat :

$$Q = Q = hA(T_f - T_i)$$

# Aliran Panas Dalam Pemanasan Gelombang Mikro

Permitivitas : Parameter heat generation Akibat Pemanasan gelombang mikro

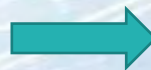
$$\varepsilon = \varepsilon' - j\varepsilon''$$

$\varepsilon''$  = faktor loss dielektrik

$\varepsilon'$  = Konstanta dielektrik

Indeks bias : perbandingan kecepatan rambat gelombang mikro di udara dengan di dalam bahan

$$n = \frac{c}{v}$$



$$n = \sqrt{\varepsilon}$$



# Sifat Dielektrik

Suatu material nonkonduktor disebut dielektrik

Pada air murni besar dielektrik didefinisikan melalui persamaan Debye

$$\epsilon_{rw} = \epsilon_{rwH} + \frac{\epsilon_{rwL} - \epsilon_{rwH}}{1 + \omega^2 \tau_w^2}$$

$$\tan \delta_w = \frac{(\epsilon_{rwL} - \epsilon_{rwH}) \omega \tau_w}{\epsilon_{rwL} + \epsilon_{rwH} \omega^2 \tau_w^2}$$

Pada bahan dielektrik, ketika berada dalam medan listrik luar maka muatan negatif cenderung bergeser ke arah yang berlawanan dengan arah medan sedangkan muatan positif bergeser searah dengan arah medan.

Akibatnya, muatan positif tidak berhimpit dengan muatan negatif. Molekul-molekul tersebut menjadi suatu *dwikutub* atau *dipol*. Hal ini menyebabkan dipol molekul mengalami *momen* atau perputaran



# Metode Pemodelan Komputasi

Distribusi suhu akibat dari pemanasan dengan gelombang mikro pada *crude oil*

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{\rho C_p} \nabla^2 T + \frac{Q}{\rho C_p}$$

Dalam mempropagansikan gelombang mikro digunakan koordinat kartesian

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{\rho C_p} \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) T + \frac{Q}{\rho C_p}$$

Dengan menggunakan bentuk dua dimensi maka

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{\rho C_p} \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) T + \frac{Q}{\rho C_p}$$

# Metode Pemodelan Komputasi

## Metode Beda Hingga

### Konsep dasar metode beda hingga

Beda maju (forward difference)

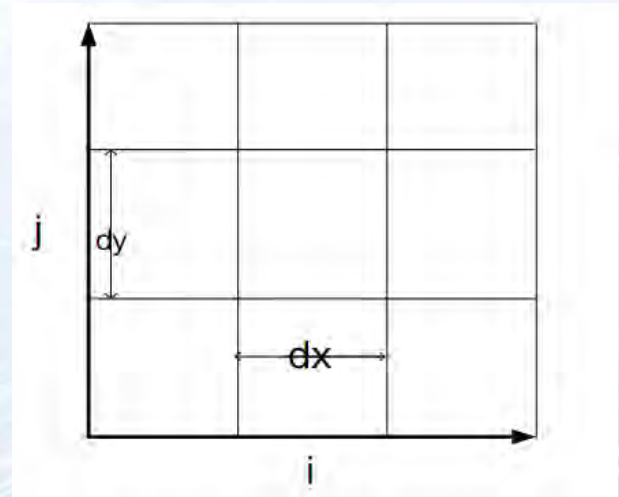
$$f'(x) = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Beda mundur (backward difference)

$$f'(x) = \frac{f(x - \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Selisih pusat (central difference)

$$f'(x) = \frac{f(x + \Delta x) - f(x - \Delta x)}{2\Delta x}$$



$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}}{\Delta x^2}$$
$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{f_{i+1,j} - 2f_{i,j} + f_{i-1,j}}{\Delta x^2}$$

# Metode Pemodelan Komputasi

## Metode FDTD Dua Dimensi

### Perambatan Kalor

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{\rho C_p} \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) T + \frac{Q}{\rho C_p}$$

### Perambatan Gelombang mikro

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{\mathbf{D}}}{\partial t} &= \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \nabla \times \mathbf{H} \\ \tilde{\mathbf{D}}(\omega) &= \epsilon_r^*(\omega) \cdot \tilde{\mathbf{E}}(\omega) \\ \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} &= -\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \nabla \times \mathbf{E} \end{aligned}$$



# Metode Pemodelan Komputasi

## Metode FDTD : Perambatan Kalor

Sisi kiri

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T_z^{n+1/2}(i,j) - T_z^{n+1/2}(i,j)}{\Delta t}$$

Sisi kanan

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T_y^n(i+1/2,j) - 2T_y^n(i,j) + T_y^n(i-1/2,j)}{\Delta x^2}$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = \frac{T_x^n(i,j+1/2) - 2T_x^n(i,j) + T_x^n(i,j-1/2)}{\Delta y^2}$$

Diperoleh :

$$T_z^{n+1/2}(i,j) = T_z^{n+1/2}(i,j) + \frac{k\Delta t}{\rho C_p} \left( \frac{T_y^n(i+1/2,j) - 2T_y^n(i,j) + T_y^n(i-1/2,j)}{\Delta x^2} + \frac{T_x^n(i,j+1/2) - 2T_x^n(i,j) + T_x^n(i,j-1/2)}{\Delta y^2} \right) + \frac{Q\Delta t}{\rho C_p}$$

# Metode Pemodelan Komputasi

## Metode FDTD : Gelombang mikro

$$\frac{D_z^{n+1/2}(i,j) - D_z^{n-1/2}(i,j)}{\Delta t} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \left( \frac{H_y^n(i+1/2,j) - H_y^n(i-1/2,j)}{\Delta x} - \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \left( \frac{H_x^n(i,j+1/2) - H_x^n(i,j-1/2)}{\Delta y} \right) \right)$$

Dimana :

$$\frac{H_x^{n+1}(i,j+1/2) - H_x^n(i,j+1/2)}{\Delta t} = -\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \frac{\tilde{E}_z^{n+1/2}(i,j+1) - \tilde{E}_z^{n+1/2}(i,j)}{\Delta x}$$

$$\frac{H_y^{n+1}(i+1/2,j) - H_y^n(i+1/2,j)}{\Delta t} = -\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \frac{\tilde{E}_z^{n+1/2}(i+1,j) - \tilde{E}_z^{n+1/2}(i,j)}{\Delta z}$$

# Metode Penelitian

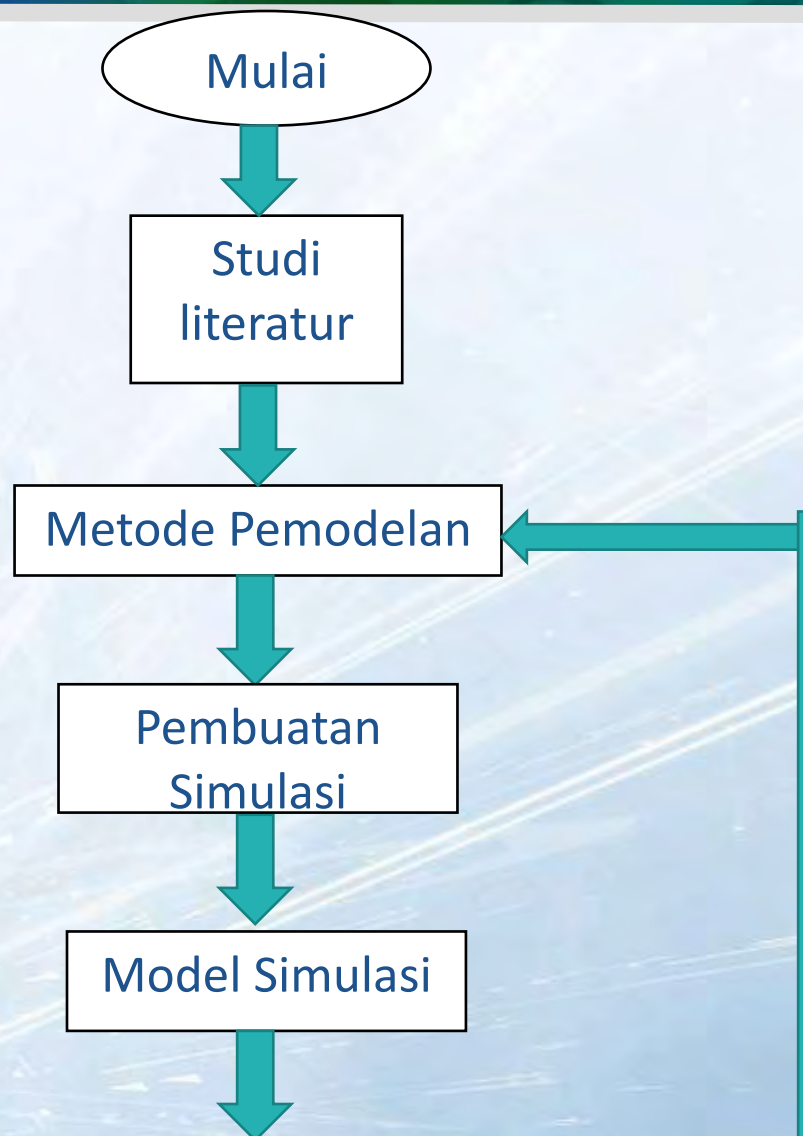
pemodelan pemanasan *crude oil* dengan energi gelombang mikro dilakukan melalui metode *FDTD dua dimensi*.

## Perangkat :

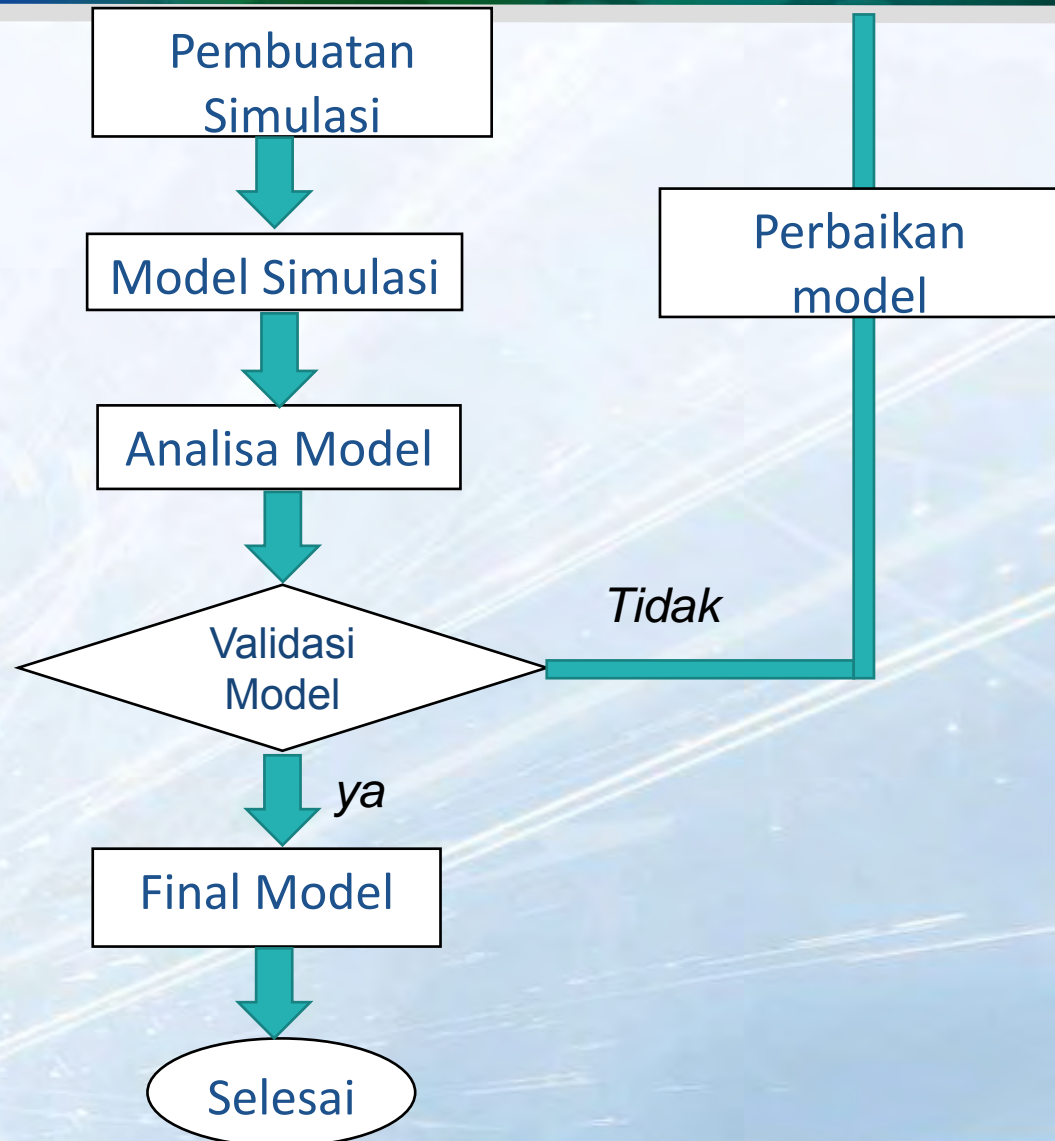
- Jenis magnetron : MICRO DENSHI UM-1500) beroperasi pada frekuensi 2.45 GHz dengan maksimum power input 1.5 kW
- Jenis Pandu Gelombang : rectangular mode TM.
- Dimensi reservoir = 10m x 10m
- Software program untuk pemodelan : program matlab versi 2008a dan Visual Basic 6.0



# Flow Chart Penelitian

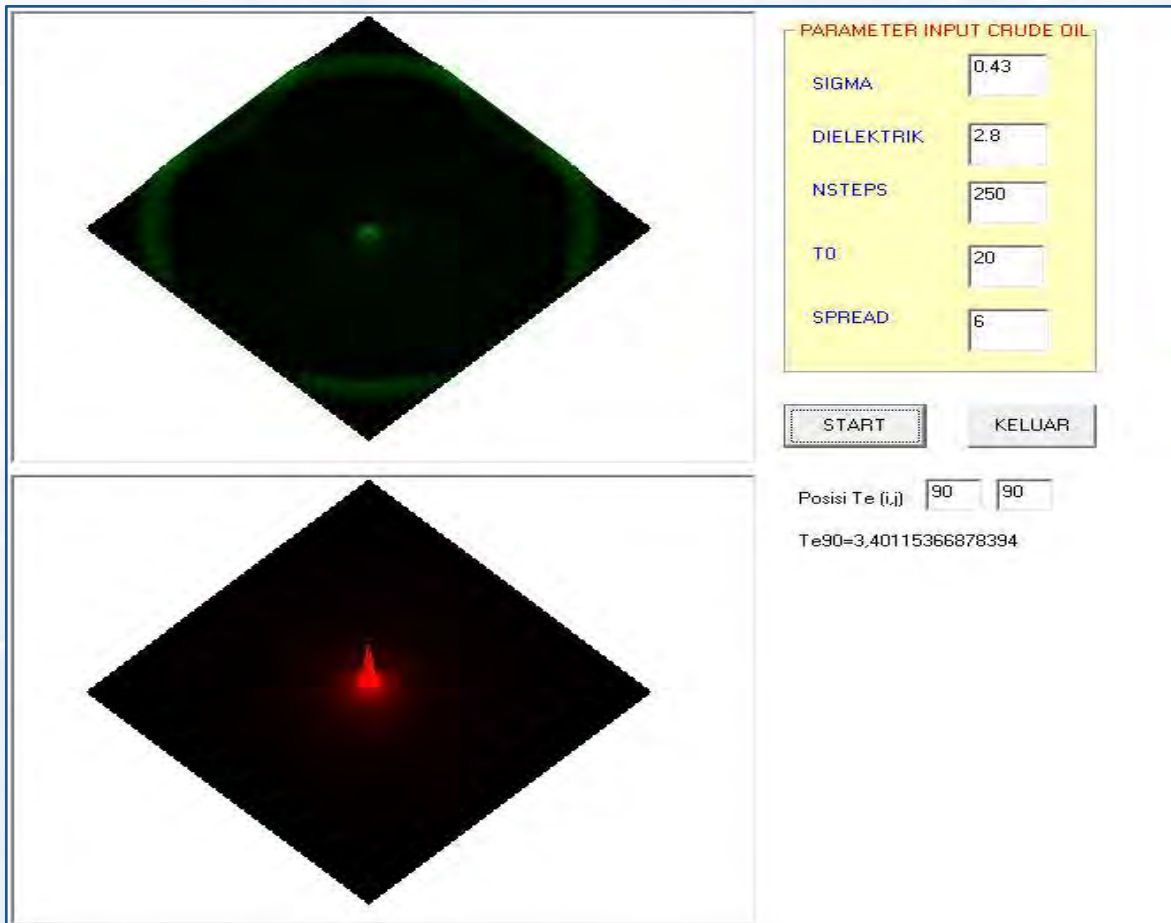


# Flow Chart Penelitian



## HASIL DAN PEMBAHASAN

## Hasil Simulasi FDTD Dua Dimensi



Dengan menggunakan bentuk pulsa *gaussian*, maka perambatan kalor terjadi secara radial dari pusat radiasi gelombang mikro



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Frekuensi Cut-off

- Pada Medium Udara : 0,21 GHz
- Pada Medium Crude oil : 0,003 GHz

### Konstanta Propagansi : $\gamma = 0,04 + j 50,33$

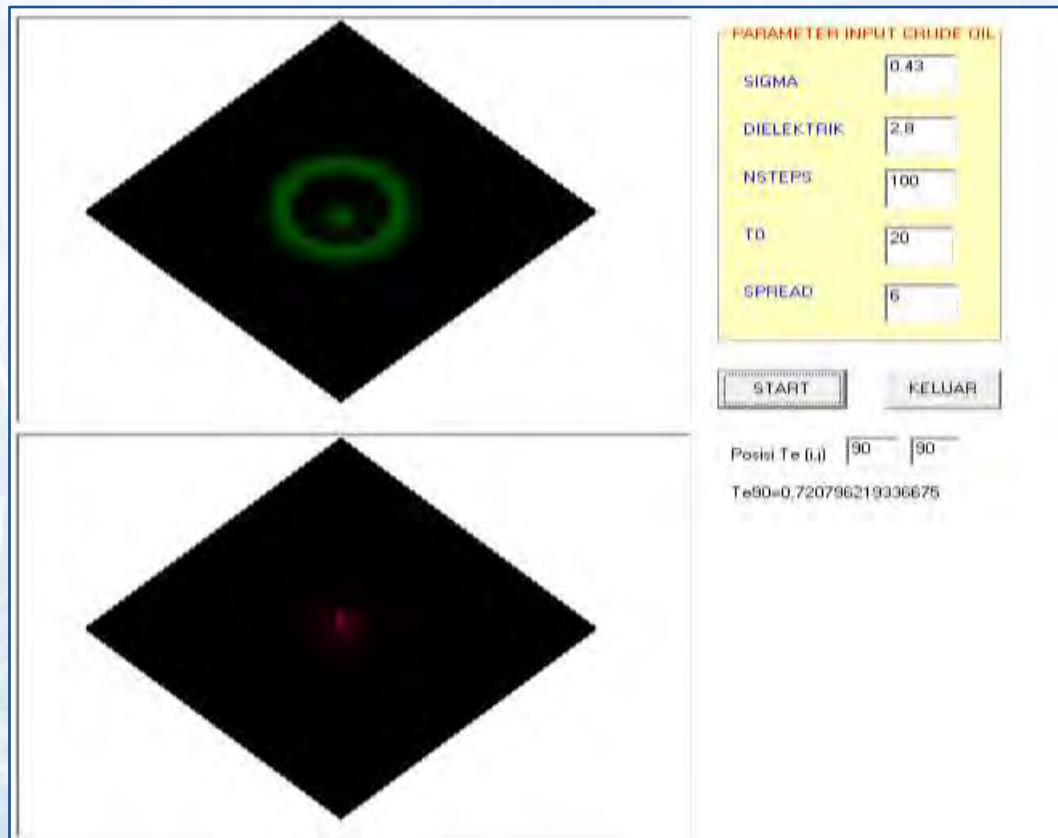
- Konstanta atenuasi : 0,04 GHz
- Konstanta fasa : 50,33 GHz

LOGO



## HASIL DAN PEMBAHASAN

## Variasi Parameter Waktu

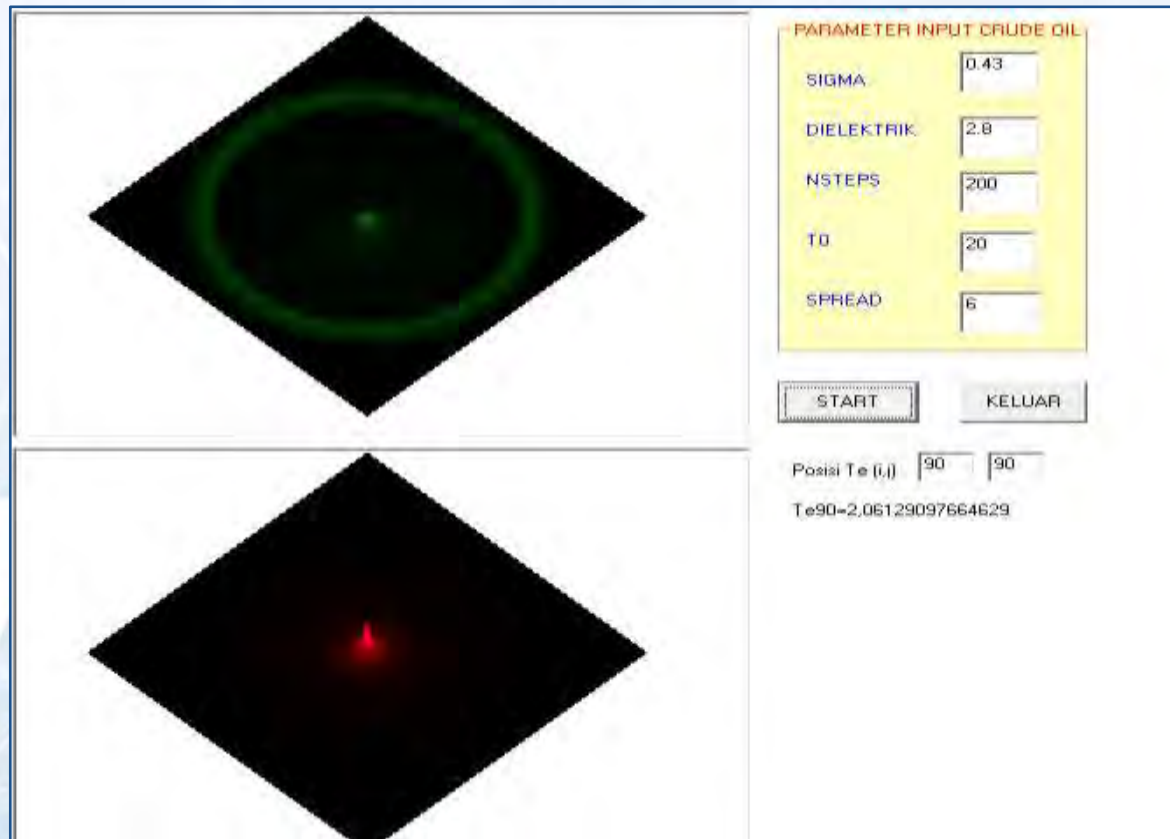


Hasil Simulasi nstep = 100



## HASIL DAN PEMBAHASAN

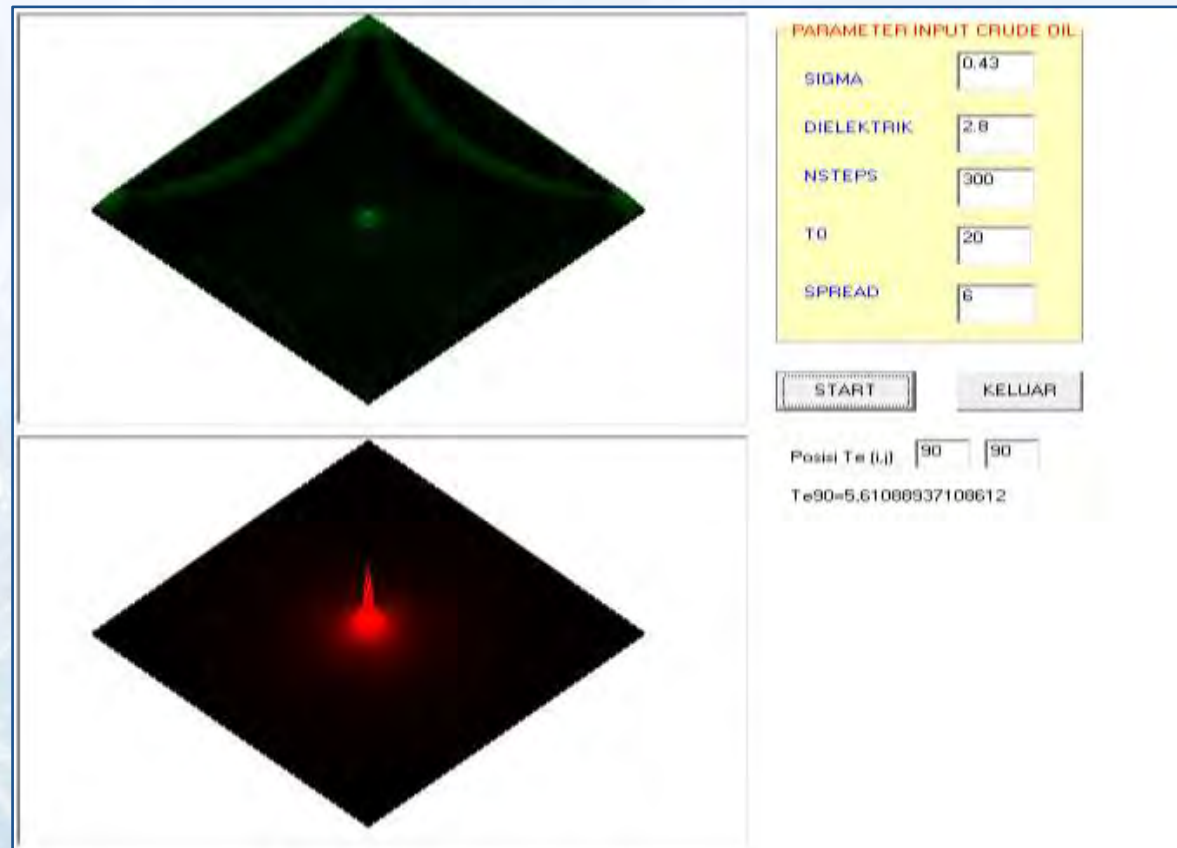
## Variasi Parameter Waktu



Hasil Simulasi nstep = 200

## HASIL DAN PEMBAHASAN

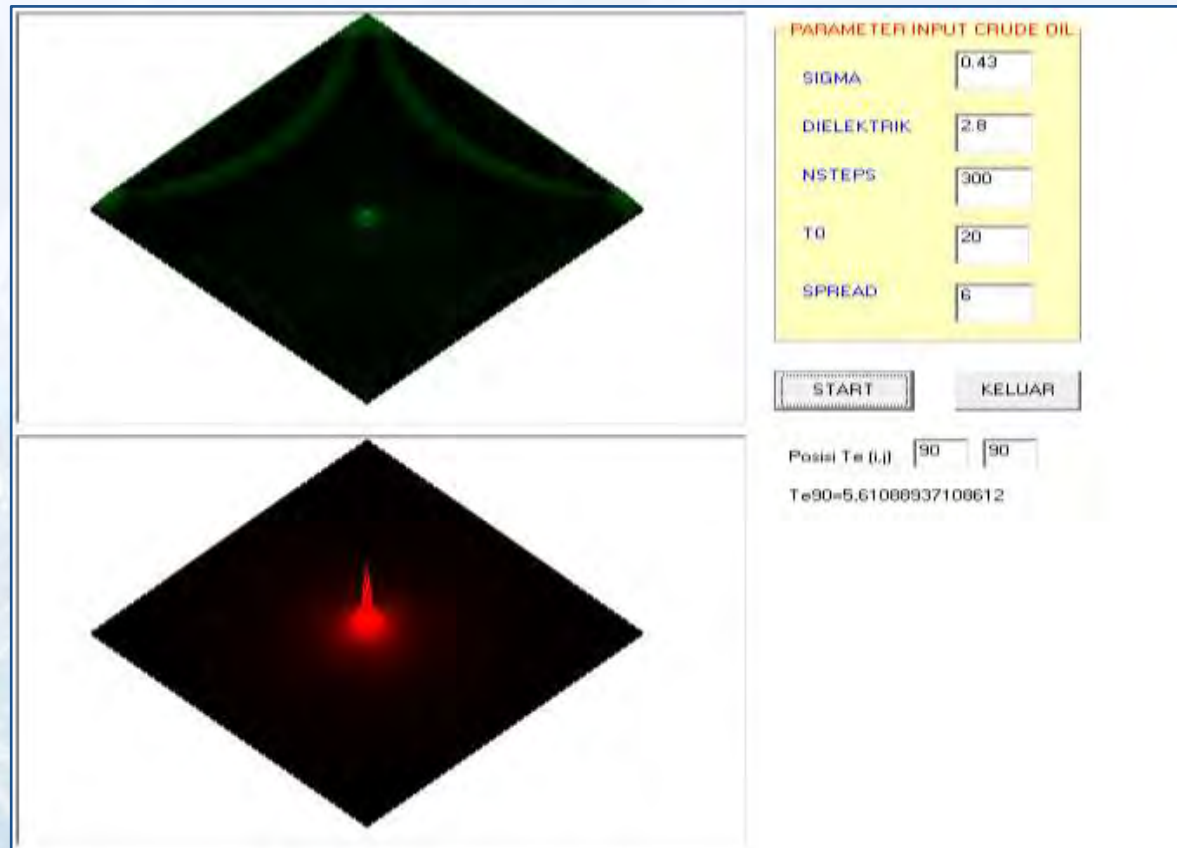
## Variasi Parameter Waktu



Hasil Simulasi nstep = 300

## HASIL DAN PEMBAHASAN

## Variasi Parameter Waktu

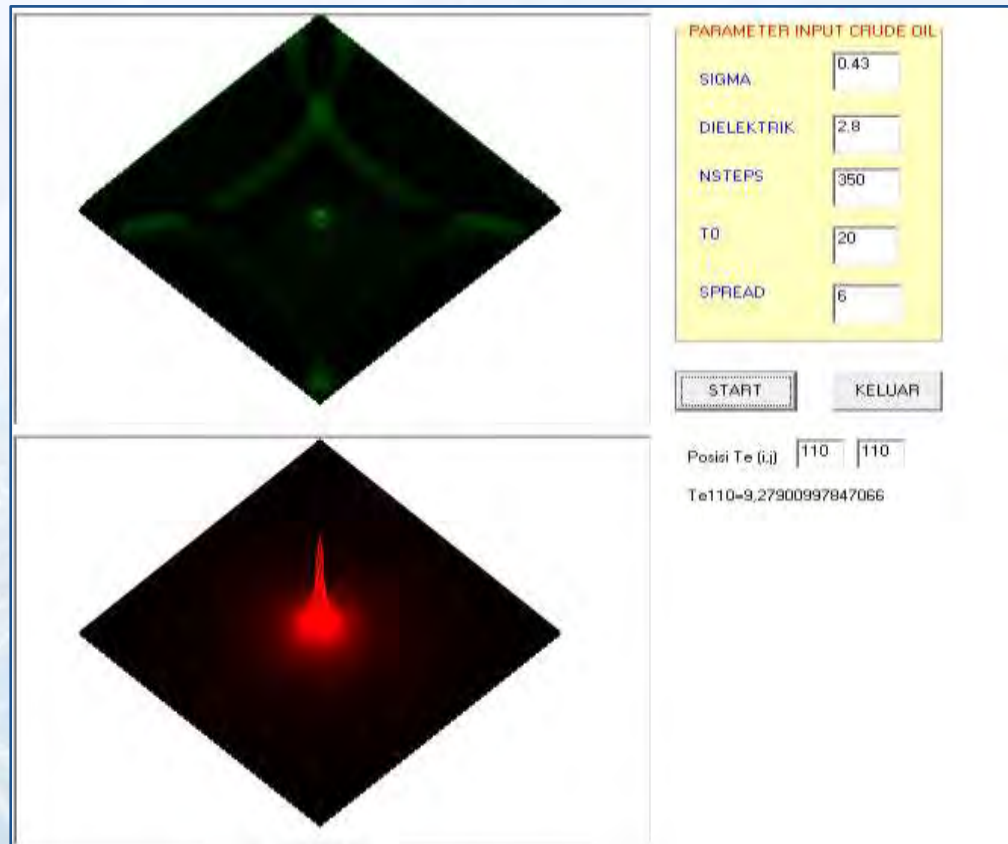


Hasil Simulasi nstep = 300



## HASIL DAN PEMBAHASAN

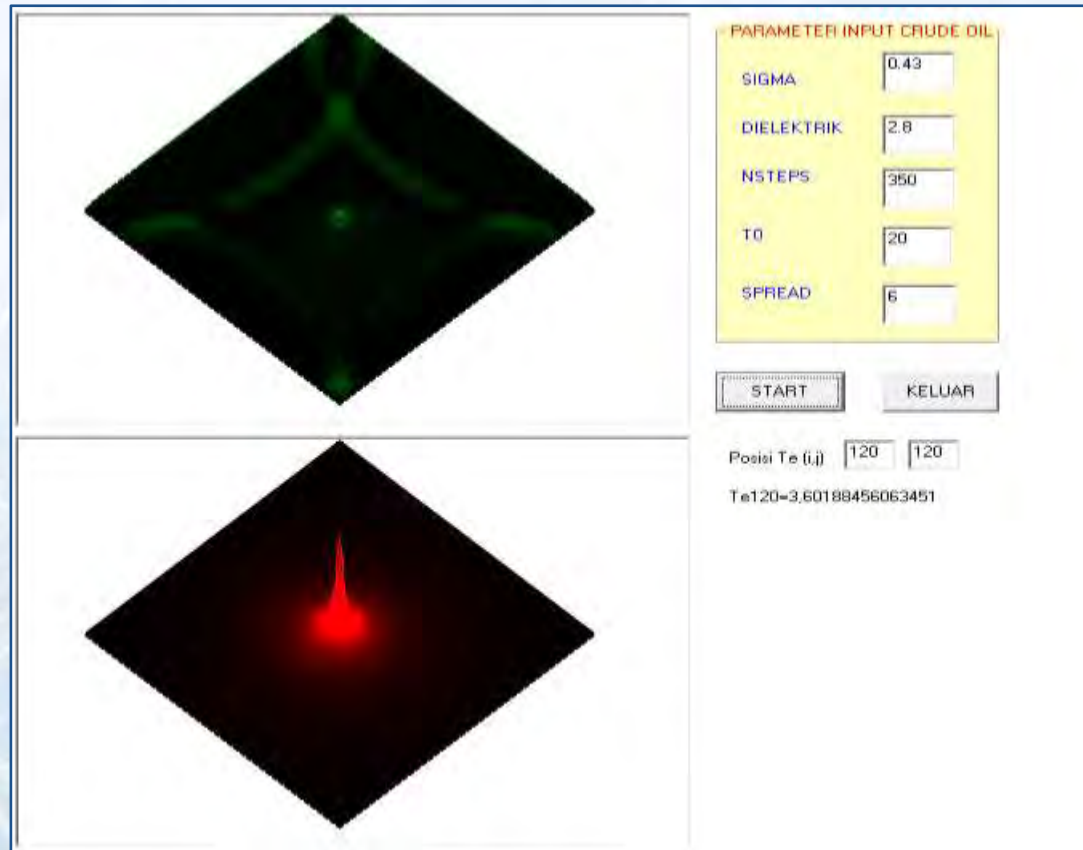
## Variasi Parameter Koordinat Posisi



Hasil Simulasi dengan koordinat posisi (110,110)

## HASIL DAN PEMBAHASAN


## Variasi Parameter Koordinat Posisi



Hasil Simulasi dengan koordinat posisi (120,120)


## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Variasi Parameter Waktu



semakin besar nstep maka semakin tinggi titik puncak dari tampilan kalor dengan bentuk tampilan warna merah yang semakin jelas. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin lama *crude oil* dipanasi maka semakin tinggi suhu dari *crude oil*

### Variasi Parameter Koordinat Posisi




semakin besar jarak titik tinjauan sistem dari pusat radiasi maka semakin kecil nilai suhu *crude oil*. Penurunan nilai suhu berbentuk eksponensial menurun

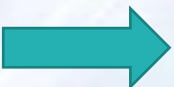


## HASIL DAN PEMBAHASAN

## Validasi Model



parameter langkah waktu maksimum


$$\Delta t \leq \sqrt{\frac{\mu \cdot \varepsilon}{\left(\frac{1}{\Delta x}\right)^2 + \left(\frac{1}{\Delta y}\right)^2}}$$

Dimana nilai  $\Delta x$  sama dengan  $\Delta y$  yaitu 0,05. Berdasarkan karakteristik reservoir dengan nilai permeabilitas  $\mu$  sebesar 1000 mD dan konstanta dielektrik sebesar 4,09 maka diperoleh nilai  $\Delta t$  sebesar  $7,53 \times 10^{-9}$ . Syarat error untuk suatu program simulasi adalah  $\Delta t \leq 10^{-4}$ . Oleh karena, nilai  $\Delta t$  yang diperoleh lebih kecil dari  $10^{-4}$  maka hal ini berarti bahwa model perambatan panas (*heat transfer*) dan perambatan gelombang mikro dinyatakan valid.

# Kesimpulan dan saran

## ➤ Kesimpulan

1. Pemodelan perambatan panas dan perambatan gelombang mikro pada reservoir *crude oil* secara komputasi dapat disimulasikan dengan baik menggunakan metode FDTD dua dimensi.
2. Hasil simulasi perambatan panas dan gelombang mikro menunjukkan model distribusi suhu dengan bentuk matematis  $T(t) = 0,2262 e^{(0,0101t)}$  untuk variasi waktu dan  $T(r) = 531,24 e^{(-0,03r)}$  untuk variasi koordinat posisi.

## ➤ Saran

Untuk penelitian lebih lanjut tentang aplikasi dalam gelombang mikro pada pemanasan *crude oil* dapat mempertimbangkan karakteristik dari sumur bor.





Tarima kasi" Mala"bi